

УДК 631.356.2

Н.Б. Гаврон, П.В. Попович, докт. техн. наук., проф.

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТРИМКІХ РАМ ПІД ДІЄЮ ВТОМНИХ ТРІЩИН

N.B. Havron, P.V. Popovych Dr., Prof.

RESEARCH ELEMENTS SUPPORT RAM UNDER FATIGUE CRACKS

В літературі вводиться поняття ступеня пошкодження від втоми, що полягає у лінійному законі сумування пошкоджень [1, 3, 4]. Процес втоми в загальному випадку має дві стадії: стадію до зародження тріщини і стадію розвитку тріщини. Співвідношення тривалості цих стадій змінюється в широких межах залежно від рівня діючого напруження, схеми навантаження, розмірів і форми зразка, стану матеріалу тощо. В деяких випадках стадія розвитку видимої тріщини може становити 60-90% загальної довговічності; для зразків з концентраторами напруження вона особливо тривала, цю стадію називають живучістю матеріалу.

Зародження втомної тріщини визначається накопиченням мікропластичної деформації, стадія утворення тріщини у більшості металів і сплавів із середньою і високою пластичністю контролюється рівнем дотичного напруження, що виникає при навантаженні. Таким чином, інтенсивне утворення мікротріщини втоми спостерігається в глибині площин ковзання по напрямку максимального дотичного напруження. У свою чергу, поширення магістральної тріщини, що утворилася, пов'язане з переорієнтацією площини декогезії в площину максимального нормального напруження.

Втомні тріщини з'являються в точці металу, де відношення місцевого напруження до межі витривалості металу найнижче. Зазвичай такі точки знаходяться на поверхні деталі. Ці дефекти призводять до пониження міцності матеріалу в околі дефекту. В результаті у середині деталі розвивається тріщина, яка поширюється як у напрямі до поверхні, так і до центра деталі.

Багато досліджень показують на те, що при доволі малих амплітудах (близьких границь витривалості) змінного навантаження залежність між напруженням і деформаціями в металі нелінійна, спостерігається замкнута петля механічного гістерезису. Робота деформації, яка витрачається на навантаження елементу конструкції, більша роботи деформації при розвантаженні і частина енергії, яка визначається петлею гістерезису, розсіюється в металі на незворотні процеси [2]. Так, при малих напруженнях площа петлі гістерезису не залежить від амплітуди змінного навантаження, а від швидкості навантаження. Гістерезис, який не залежить від амплітуди має місце при напруженнях, які в десятки разів менші границі витривалості [2]. При більш високих напруженнях площа кривої гістерезису збільшується по мірі зростання амплітуди напружень. Багатоциклова втома металу відбувається в діапазоні напружень, відповідаючі гістерезису, який залежить від амплітуди, тобто пов'язаний із макропластичними деформаціями. В таких умовах гістерезис визначається не лише діючими змінними напруженнями, а і суттєво залежить від швидкості і частоти навантаження [2].

Так, дефекти в зварних вузлах металоконструкції описуються за допомогою одномірної ймовірнісної моделі [4], яка функціонально визначає параметричні характеристики випадкового процесу розвитку тріщини в поперечному січені тримкого елементу конструкції. Основною задачею при такому підході є отримання математичного сподівання числа тріщин в елементі металоконструкції і їх розподілу

по розмірах в будь-який момент часу. Такі ймовірнісні характеристики повністю задають функцію розподілу ресурсу при умові, що його вичерпання саме пов'язане з досягненням гранично-допустимих розмірів дефектів. При такому підході враховуються крім випадкових факторів, що впливають на розвиток дефектів – розподіл початкових дефектів та розподіл моментів зародження нових, вплив випадкових властивостей процесу навантаження.

Для експериментальних досліджень елементів тримких рам розроблено і виготовлено спеціальний стенд, який дозволяє відтворювати багатокомпонентне навантаження, наближене до експлуатаційного разом з фіксацією початку утворення тріщини, як результату накопичення пошкоджень і її подальшою візуальною реєстрацією катетометром. Стенд є машиною з механічним збуджувачем циклічних навантажень (рис. 1).

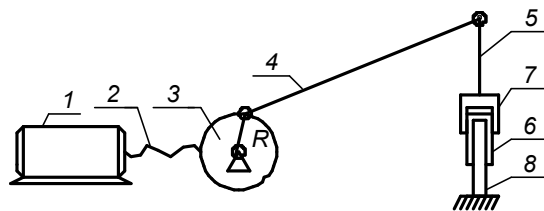


Рис. 1. Функціональна схема стенду для проведення випробувань

Принцип дії базується на перетворенні обертового руху вихідного вала електродвигуна постійного струму 1 на скручувальний рух тонкостінного зразка 6. Зразок закріплюється у спеціальні тримачі – захвати 7, 8 які механізмами 4, 5 перетворюють рух ексцентрика 3 і переміщення тонкостінного зразка за схемою стисненого кручення. Величина переміщення залежить від радіуса ексцентрика R. Амплітуда навантаження зразка регулюється радіусом ексцентрика. Величина скручувального моменту залежить від геометричних характеристик зразка і кута його закручування. Кількість циклів фіксується лічильником. Істотне значення має реєстрація моменту зародження втомної макротріщини, а також граничного стану локальної моделі у процесі досліджень. Найбільш доступним і таким, що забезпечує оцінку втомного пошкодження на будь-якому етапі випробувань зварних вузлів несучих систем є метод, заснований на зміні потужності привідного електродвигуна установки. На стенді використовується схема автоматичної реєстрації втомної тріщини з світловою сигналізацією. Після фіксації макротріщини її подальший ріст реєструється за допомогою катетометра КМ-8.

Література

1. Параций В.А. Стохастическое прогнозирование долговечности металлоконструкций прицепных опрыскивателей: Дис... канд. техн. наук/ ТГТУ. – Тернополь, 2000. – 129 с.
2. Андрейкив А. Е. Разрушение квазихрупких тел с трещинами при сложном напряжённом состоянии. – Киев: Наук. думка, 1979. – 144 с.
3. Андрейкив А. Е., Дарчук А. И. Усталостное разрушение и долговечность конструкции. АН Украины. – Физ.-мех. ин-т. – К.: Наук. думка, 1992. – 184 с.
4. Арасланов А.М. Расчет элементов конструкций заданной надежности при случайных воздействиях. – М.: Машиностроение, 1987. – 127 с.